

Kimmoivasaran käyttäjän ohje



Kimmoveasaran käyttäjän ohje

Liikenneviraston ohjeita 21/2016

*Kannen kuva: P-lukubetonin puristuslujuuden testaus kimmovasaralla /
Juha Juntunen, VTT Expert Services Oy*

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-280-7

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Taitorakenneyksikkö

Vastaanottaja
ELY-keskukset L-alue
Liikennevirasto

Säädösperusta

Korvaa/muuttaa
Kimmovasaran käyttäjän ohje LO 2/2014.

Kohdistuvuus
ELY-keskukset L-alue
Liikennevirasto

Voimassa
1.7.2016 alkaen toistaiseksi

Asiasanat
betoni, sillat, puristuslujuus, testaus

Kimmovasaran käyttäjän ohje

Kimmovasaraa käytetään pakkasenkestävän siltabetonin (P-lukubetoni) puristuslujuuden määrittämisessä Liikenneviraston taitorakenteiden rakennustöissä.

Julkaisussa esitetään siltabetonin puristuslujuuden kelpoisuuden osoittaminen kimmovasaralla. Menetelmää ei voida käyttää jos betonin puristuslujuus ylittää 45 MPa, betonin pinta on jäässä tai jos betonointi- tai suojaustyö ovat epäonnistuneet. Testattavan betonipinnan on oltava hyvälaatuinen ja märkä.

Julkaisussa esitetään testauksen tekeminen ja betonin lujuuden määrittäminen kimmovasaran lukemien perusteella. Myös kimmovasaran kalibrointimenettely on esitetty.

Ylijohtaja

Mirja Noukka

Tekninen johtaja

Markku Nummelin

LISÄTIETOJA
Jani Meriläinen
Liikennevirasto
puh. 0295 34 3571

Esipuhe

Ohjeessa esitetään Liikenneviraston käytössä oleva ainetta rikkomaton P-lukubetonin puristuslujuuden testausmenetelmä.

Tämä kimmovasaran käyttäjän ohje korvaa aikaisemman ohjeen *Kimmovasaran käyttäjän ohje LO 2/2014*.

Ohjeessa on otettu huomioon InfraRYL Osa 3:een ja betonirakenteiden kansalliseen ja eurooppalaiseen ohjeistukseen tehdyt muutokset. Ohjeeseen on tehty myös Liikenneviraston muussa ohjeistuksessa tapahtuneiden muutoksien vaatimat korjaukset.

Ohjeen liitteet VTT-TEST R004-01-2016 ja VTT-TEST R005-01-2016 on laadittu Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy:ssä.

Ohjeen laadintaa on ohjannut Liikenneviraston taitorakenneyksikössä kehittämispäällikkö Ossi Räsänen ja ohjeen on kirjoittanut TkT Seppo Matala.

Helsingissä toukokuussa 2016

Liikennevirasto
Väylänpito-toimiala
Tekniikka ja ympäristö -osasto/Taitorakenneyksikkö

Sisällysluettelo

1	OHJEEN TARKOITUS.....	6
2	KELPOISUUDEN OSOITTAMINEN KIMMOVASARALLA	7
2.1	Yleiset periaatteet	7
2.2	InfraRYL:n erityisvaatimukset.....	7
2.3	Vertailulujuuden laskenta puristuslujuustuloksista	8
3	PERUSTEET KANSALLISELLE KÄYRÄSTÖLLE P-LUKUBETONIN YHTEYDESSÄ.....	10
3.1	Kimmovasaran valmistajan ilmoittama riippuvuus	10
3.2	P-lukubetonille käytettävä riippuvuus.....	10
4	KIMMOVASARAN KALIBROINTITAVAN MERKITYS	12
4.1	P-lukubetonille käytettävä kalibrointi	12
4.2	Valmistajan ohjeen mukainen kalibrointi	12
	KIRJALLISUUSLUETTELO.....	13
	LIITTEET	
Liite 1	Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmovasaralla	
Liite 2	Kimmovasaran kalibrointiohje P-lukubetonille	
Liite 3	Esimerkkejä vertailulujuuden laskemisesta	

1 Ohjeen tarkoitus

Tämän ohjeen tarkoitus on varmistaa kimmovasaran oikea käyttö pakkasenkestävän betonin (P-lukubetoni) puristuslujuuden määrittämisessä. Edelleen ohjeen tarkoitus on varmistaa, että kelpoisuuden osoittamisessa käytettävä kimmovasara on oikein kalibroitu. Tämän ohjeen mukaisia kimmovasaratyyppejä ovat N, NR ja ND (Digi-Schmidt).

Tämä ohje on tarkoitettu käytettäväksi seuraavien asiakirjojen kanssa:

- VTT-TEST R004-01-2016. Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmo-vasaralla. VTT. Testimenetelmä on esitetty tämän ohjeen liitteenä 1.
- VTT-TEST R005-01-2016. Kimmovasaran kalibrointiohje P-lukubetonille. VTT. Testimenetelmä on esitetty tämän ohjeen liitteenä 2.

Sillanrakentamisessa noudatettavien yleisten laatuvaatimusten InfraRYL Osa 3 /1/ kohta 42020.1.1.5 "Kelpoisuuden osoittaminen" on esitetty kimmovasaratestauksen osalta tämän ohjeen kohtana 2.2.

2 Kelpoisuuden osoittaminen kimmovasaralla

2.1 Yleiset periaatteet

Kovettuneen pakkasenkestävän betonin (P-lukubetoni), joka on valmistettu InfraRYL:n kohtien 42020.1.1 ja 42020.1.2 mukaisesti, kelpoisuus puristuslujuuden osalta osoitetaan seuraavalla menettelyllä:

- Valmisbetonilaitos tekee betonin valmistuksen yhteydessä julkaisun by65 Betoninormit 2016 kohdan 5.2 mukaiset koekappaleet betoniperheittäin. Kimmovasaratestausta ei vaikuta valmisbetonilaitoksen tekemien työnaikaisten koekappaleiden määrään tai näytteenottoväliin.
- Kimmovasaratestausta korvaa koekappaleisiin perustuvan puristuslujuuden testausten rakennuspaikalla. Betonoitavat rakenteet jaetaan kimmovasaratestausta varten toteutus- ja lujuusluokittain arvosteluun InfraRYL:n kohtien 42020.1.1.5.1 ja 42020.1.1.5.3 ja julkaisun by65 Betoninormit 2016 kohdan 5.2.3.3 mukaisesti.
- Osoitettaessa kelpoisuus kimmovasaralla, arvosteluerän lujuuden keskiarvo on yksittäisten testauskohtien lujuustulosten keskiarvo. Valmisbetonilaitoksen normikoekappaleiden tuloksia ei käytetä hyväksi keskiarvoa laskettaessa. Kimmovasaratestaustuksessa testauskohtia tulee olla kutakin arvosteluerää kohden vähintään kolme kappaletta.
- Osoitettaessa kelpoisuus kimmovasaralla, arvosteluerän lujuuden keskihajonta on yksittäisten testauskohtien lujuustulosten keskihajonta. Valmisbetonilaitoksen tuloksia ei käytetä hyväksi keskihajontaa laskettaessa.

2.2 InfraRYL:n erityisvaatimukset

InfraRYL:n kohdassa 42020.1.1.5 on esitetty seuraavat vaatimukset:

- Ellei sillan rakennussuunnitelmassa ole muuta mainittu, testataan betonin puristuslujuus 28 vuorokauden iässä. Jos tämä ei ole mahdollista muutetaan testaus tulosten lukuarvot yleisesti hyväksyttäviä kertoimia käyttäen vastaamaan 28 vuorokauden lujuutta.
- Kovettuneen pakkasenkestävän (P-lukubetoni) betonin, joka on valmistettu kohdan 42020.1.2 mukaisesti, puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan tutkimalla betonin lujuus kimmovasaralla ohjeen *Kimmovasarän käyttäjän ohje LO 21/2016* mukaisesti ottaen huomioon menetelmän käyttörajoitukset. Testauskohtien puristuslujuustuloksista lasketaan vertailulujuus julkaisun *by65 Betoninormit 2016 kohdan 5.2.3.3 mukaisesti*. (Ks. myös kohta 2.3). Jos tutkittavan pinnan muotissa on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on enintään C30/37, on pinnasta mitatun lujuuden oltava vähintään 5 MPa korkeampi kuin suunnitelman mukainen lujuus. Jos tutkittavan pinnan muotissa on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on C35/45, puristuslujuuden

kelpoisuus osoitetaan tutkimalla betonin lujuus kimmovasaralla ja lisäksi puristuslujuuden tunnistustestauksena standardin SFS-EN 206 liitteen B mukaisesti käyttäen vähintään kolmea koekappaletta.

- Kimmovasaramenetelmää ei voida käyttää, kun betonin puristuslujuusvaatimus $f_{ck,cube}$ on > 45 MPa. Kimmovasaraa ei voida myöskään käyttää jäätyneen pinnan testaamiseen.
- Betonin puristuslujuuden kelpoisuus voidaan tutkia myös puristuslujuuden tunnistustestauksena standardin SFS-EN 206 liitteen B mukaisesti seuraavassa esitettyin poikkeuksin. Arvosteluerää kohden valmistetaan vähintään 6 koekappaletta ja vähintään 1 koekappale alkavaa 100 betoni- m^3 kohti. Rakennuspaikalla tehtäviä koekappaleita tulee olla vähintään puolet arvosteluerän koekappaleista. Rakennuspaikalla tehtävät koekappaleet ja valmisbetonilaitoksen koekappaleista vähintään puolet tulee testata hyväksytyssä koetuslaitoksessa.
- Arvosteluerä katsotaan hyväksyttäväksi, jos yksittäiset koetulokset ja peräkkäisten tulosten keskiarvo täyttävät standardin SFS-EN 206 liitteen B taulukon B.1 mukaiset vaatimukset. Itsetiivistyvän betonin puristuslujuuskoekappaleet valmistetaan ilman ulkopuolista tiivistystä.
- Tunnistustestaus on esitetty myös julkaisun *by65 Betoninormit 2016* kohdassa 5.2.2.6.
- Jos puristuslujuustulokset eivät täytä vaatimuksia tai työn aikana on todettu, ettei betonointi, jälkihoito tai lämpösuojaus ole onnistunut suunnitellulla tavalla (esim. valupinnoissa esiintyy useissa kohdin harvavalua tai halkeilua), voi tilaaja määrätä kelpoisuuden osoitettavaksi rakenteesta irrotettavien koekappaleiden avulla. (Ks. julkaisu *by 65 Betoninormit 2016* kohta 5.2.3). Jos työn aikana on todettu itsetiivistyvän betonin erottumista, voidaan rakenteen kelpoisuus osoittaa joko rakennekokein tai tutkimalla eri valuosien betonin kelpoisuus kimmovasaramenetelmällä tilaajan ohjeiden mukaisesti.

2.3 Vertailulujuuden laskenta puristuslujuustuloksista

Vertailulujuus lasketaan testauskohtien puristuslujuustuloksista julkaisun *by 65 Betoninormit 2016* kohdan 5.2.3.3 mukaisesti käyttäen seuraavia kaavoja:

Jos arvosteluerässä on vähintään 15 testauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - 1,48 \cdot s \text{ tai}$$

$$K_k = f_{cmin} + 4$$

jossa f_{cm} on testauskohtien lujuusarvojen keskiarvo
 f_{cmin} on pienin testauskohdan lujuusarvo
 s on testauskohtien lujuusarvojen keskihajonta.

Keskihajonnan arvona ei saa käyttää pienempää arvoa kuin 2 MPa.

Jos arvosteluerässä on 3–14 testauskohtaa, vertailulujuus K_k on pienempi seuraavista arvoista:

$$K_k = f_{cm} - f_k$$

$$K_k = f_{cmin} + 4$$

Vertailulujuus ilmoitetaan 0,1 MPa tarkkuudella.

Kerroin f_k riippuu testauskohtien lukumäärästä taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Kertoimen f_k riippuvuus testauskohtien lukumäärästä.

n	f_k
10–14	5
7–9	6
3–6	7

3 Perusteet kansalliselle käyrästölle P-lukubetonin yhteydessä

3.1 Kimmovasaran valmistajan ilmoittama riippuvuus

Kimmovasaran valmistajan laatima puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välinen riippuvuus on esitetty kimmovasaran kyljessä. Kyseinen riippuvuus on laadittu laukaisemalla kimmovasaraa särmältään 200 mm:n koekuutioihin, jotka on puristettu kimmovasaralukemien ottamisen jälkeen.

Suomessa betonin lujuusluokitus perustuu koekuutioon, jonka särmän pituus on 150 mm. Koekappaleiden erilaisesta koosta johtuen tehdään siten valmistajan laatimaa riippuvuutta käytettäessä systemaattinen noin 2 MPa:n virhe lujuuden määrittämisessä.

Valmistajan laatima riippuvuus perustuu kuivaan betonipintaan. Suomessa on havaittu kuivan betonipinnan antavan lähinnä alhaisella betonin lujuudella liian suuria kimmovasaralukemia. Tämä saattaa käytännössä johtaa tilanteeseen, jossa betonin lujuuden alitusta ei havaita betonipinnan ollessa kuiva esimerkiksi pitemmän sateetoman kauden jälkeen.

Kimmovasaran valmistajan vaatimusta kuivasta betonipinnasta ei ole työmaaolosuhteissa välttämättä helppo saavuttaa. Myöskään ei tiedetä, onko betonipinta mahdollisesti jotain kuivan ja märän välillä, jolle taas tulisi olla oma käyränsä. Tämän vuoksi kimmovasaratestausta ei tule tehdä valmistajan ohjeen mukaisesti kuivasta pinnasta.

Vakioimalla betonipinnan kosteus kastelemalla välttään mahdollisuudelta saada liian suuria lujuusarvoja. Voidaankin sanoa, että lujuuden määrittäminen pelkästään valmistajan ohjeen mukaisesti antaa vain sattumanvaraisesti oikean lujuustuloksen. Testattavan betonipinnan karbonatisoituminen suurentaa kimmovasaralukemaa. Tämän vuoksi siltabetonin iän tulee testausajankohtana olla enintään kuusi kuukautta.

3.2 P-lukubetonille käytettävä riippuvuus

VTT-TEST R004-01-2016:ssa oleva testauskohdan ja puristuslujuuden välinen perusriippuvuus on laadittu silmällä pitäen suomalaisia siltabetoneita (P-lukubetonit). Riippuvuus on laadittu siten, että se on voimassa uusille kimmovasaroille.

Yksittäisen kimmovasaran kimmovasaralukeman ja puristuslujuuden välinen riippuvuus muuttuu öljyämisestä ja puhdistamisesta huolimatta käytön ja ikääntymisen seurauksena. Tämän vuoksi kimmovasara tulee kalibroida riittävän usein. Kalibroinnin tuloksena kimmovasaralle laaditaan oma kalibrointikohtainen testauskohdan kimmovasaralukeman ja puristuslujuuden välinen riippuvuus.

Kalibroitua kimmo­vasaraa käytettäessä P-lukubetonin puristus­lujuus määritetään kalibroitiselostuksessa esitetyllä kimmo­vasaralukeman ja puristus­lujuuden välisellä riippuvuudella. VTT-TEST R004-01-2016:ssa esitettyä perusriippuvuutta käytetään vain, jos kimmo­vasaraa ei ole vielä kalibroitunut tai, jos kalibroinnin tuloksena riippuvuus on todettu samaksi kuin VTT-TEST R004-01-2016:n perusriippuvuus.

4 Kimmovasaran kalibrointitavan merkitys

4.1 P-lukubetonille käytettävä kalibrointi

P-lukubetonia testattaessa noudatetaan tämän ohjeen liitteenä 2 olevaa kalibrointimenettelyä, jolla kimmovasara tulee kalibroiduksi siten, että kalibrointituloksena on oikea myös pienillä kimmovasaralukemilla.

4.2 Valmistajan ohjeen mukainen kalibrointi

Schmidtin kimmovasaran kalibrointia varten valmistaja on kehittänyt teräksisen noin 16 kg painavan kalibrointialasimen. Teräsalasimeen laukaistaessa kimmovasaralukemien tulee olla 79 ± 2 . Jos lukemat poikkeavat tätä enemmän, muutetaan testauskohdan kimmovasaralukema seuraavalla kaavalla:

$$R = (\Sigma r/n) \cdot (79/R_a),$$

jossa Σr on testauskohdan kimmovasaralukemien summa
 n on kimmovasaralukemien lukumäärä
 R_a on kalibrointialasimella määritetty kimmovasaralukema.

Esimerkki 1:

Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 72. Tutkittavassa kohteessa testauskohdan kimmovasaralukemaksi on saatu 40. Tällöin kaavan mukaan kalibroitu testauskohdan kimmovasaralukema

$$R = 40 \cdot 79/72 = 43,9$$

Esimerkki 2:

Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 72. Tutkittavassa kohteessa testauskohdan kimmovasaralukemaksi on saatu 20. Tällöin kaavan mukaan kalibroitu testauskohdan kimmovasaralukema

$$R = 20 \cdot 79/72 = 21,9$$

Esimerkki 3:

Kalibrointialasimella kimmovasaralukemiksi on saatu 79. Tällöin ei korjauskerrointa käytetä, ts. kalibroitu kimmovasaralukema on sama kuin testauskohdan kimmovasaralukema.

Valmistajan ohjeen mukaisen kalibroinnin heikkoudet:

Valmistajan ohjeen mukaan tehty kalibrointi kattaa ainoastaan suuret kimmovasaralukemat. Pieniä kimmovasaralukemia kalibrointi ei kata. Betonista määritetyt kimmovasaralukemat ovat tavallisesti pieniä verrattuna kalibrointialasimesta saataviin lukemiin.

Tämän seurauksena valmistajan ohjeen mukaisesti kalibroidulla kimmovasaralla lujuus saatetaan määrittää huomattavan virheelliseksi, joten valmistajan ohjeen mukaista kalibrointia ei tule käyttää yksinomaisena kalibrointimenetelmänä.

Kirjallisuusluettelo

/1/ InfraRYL Osa 3, luku 42020 Sillan betonirakenteet.

/2/ by65 Betoninormit 2016. Suomen Betoniyhdistys r.y.

VTT-TEST R004-01-2016

Siltabetonin puristuslujuuden mittaaminen kimmo­vasaralla

TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT



TESTAUSMENETELMÄ SILTABETONIN PURISTUSLUJUUDEN MITTAAMISEKSI KIMMOVASARALLA

1 MENETELMÄN TARKOITUS

Menetelmän tarkoituksena on osoittaa betonin vaatimustenmukaisuus puristuslujuuden suhteen kimmovasaralla.

2 MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Ohje soveltuu kovettuneen siltabetonirakenteen testaamiseen Schmidtin kimmovasaralla tyyppi N, NR ja ND (Digi-Schmidt), kun betonin nimellislujuus on enintään C35/45.

Jos rakenteen ikä on yli kuusi kuukautta, on vaatimustenmukaisuuden osoittaminen ohjeen mukaisesti mahdollista vain Teknologian tutkimuskeskus VTT:n antaman työmaakohtaisen lausunnon perusteella, ellei rakenteesta ole otettu vastaavanikäisiä vertailevia koekappaleita.

3 BETONIPINNAN KÄSITTELY

Testattavan betonipinnan on oltava sileää esimerkiksi muottipintaa vasten valettu. Epätasainen pinta tasoitetaan koneellisella hionnalla. Huokoinen pintakerros, lähinnä yläpinnalla, poistetaan koneellisella hionnalla testattavilta kohdilta.

Kimmovasaralukemat määritetään märestä, puhtaasta, tiiviistä, sileästä ja sulana olevasta betonipinnasta. Talviaikaan kimmovasaralukemia ei voida määrittää ilman erikoistoimenpiteitä, koska jäätyneestä betonipinnasta saadaan liian suuria kimmovasaralukemia.

Sopiva betonipinnan kastelu-aika on noin 15 minuuttia kastelun tapahtuessa ruiskuttamalla tai esimerkiksi sienellä kastelemalla. Kuivasta betonipinnasta saadaan, lähinnä alhaisella betonin lujuudella, liian suuria kimmovasaralukemia (mikä voi johtaa lujuuden määrittämiseen todellista lujuutta suuremmaksi).

4 TESTAUS

Testausta varten betonirakenteet jaetaan toteutus- ja lujuusluokittain arvostelu-eriin, joita muodostettaessa otetaan huomioon rakenne- ja betonointikokonaisuudet, aikataulu, arvosteluikä ja betonin valmistaja. Betonin kelpoisuuden osoittamiseksi testauskohtia valitaan yhtä arvostelu-eriä kohden vähintään kolme ja vähintään 1 testauskohta alkavaa 100 betoni-m³ kohti.

Testauskohdat valitaan siten, että niistä määritettyjen arvojen perusteella saadaan luotettava kuva arvostelu-eriästä. Testauskohdat esitetään testaus suunnitelmassa.

Testauksessa käytettävän kimmovasaran tulee olla kalibroitu.

Testaus kohdistetaan alueisiin, joiden pienin läpimitta on 100–300 mm. Yksittäisten iskujen keskinäisen etäisyyden tulee olla vähintään 20 mm ja etäisyyden rakenteen reunasta vähintään 40 mm.

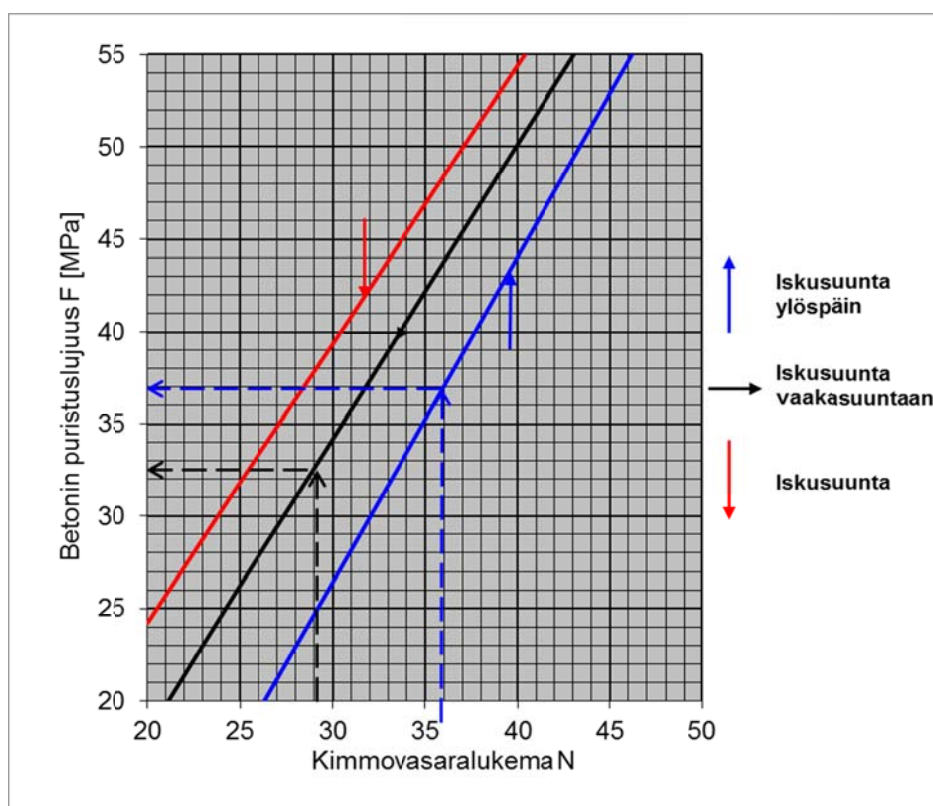
Kimmo-vasaralukemia määritettäessä pidetään vasara testattavaa pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa ja laukaistaan hitaasti painamalla.

Testattavista kohdista määritetään vähintään 10 yksittäistä arvoa. Testaustulos on yksittäisten lukemien keskiarvo.

Iskusuuntina voidaan käyttää vaakasuoraa (pystyrakenteet) ja pystysuoraa (vaakarakenteet). Suositeltavin iskusuunta on vaakasuora. Vaakarakenteet testataan tällöin esimerkiksi rakenteissa olevien aukkojen reunoista. Jos joudutaan käyttämään pystysuoraa iskusuuntaa, tutkitaan rakenne mikäli mahdollista alhaalta päin, jolloin iskut kohdistuvat muottia vasten valettuun pintaan. Selvästi kiveen tai huokoseen osuneita iskuja ei oteta huomioon.

5 LUJUUDEN MÄÄRITTÄMINEN KOETULOSTEN PERUSTEELLA

Siltarakenteiden betonille on voimassa kuvan 1 mukainen puristuslujuuden ja kimmo-vasaralukeman välinen yleinen riippuvuus. Puristuslujuus vastaa särmältäään 150 mm koekuution puristuslujuutta.



Kuva 1. Testauskohdan puristuslujuuden ja kimmo-vasaralukeman välinen yleinen riippuvuus.

6 PURISTUSLUJUUS

Testauskohtien puristuslujuustuloksista julkaisun by 65 Betoninormit 2016 kohdan 5.2.3.3 mukaisesti lasketun vertailulujuuden tulee olla vähintään sama kuin rakennekoekappaleille asetettu laskennallinen lujuusvaatimus eli arvosteluerä on hyväksyttävä, jos vertailulujuus on toteutusluokkien 2 ja 3 rakenteissa vähintään 85 % nimellislajuudesta.

7 TESTAUSTULOSTEN DOKUMENTOINTI

Betonirakenteiden testaustulokset dokumentoidaan arvosteluerittäin siten, että asiakirjoista käy ilmi:

1. Tiedot arvosteluerän betonista
 - valmistaja
 - betonin lujuus ja tyyppi
 - testattujen pintojen laatu ja käsittely
 - testaussuunnat
 - kaaviokuva testauskohtien sijainnista rakenteessa.
2. Yksittäiset kimmovasaralukemat ja niistä lasketut keskiarvot (= testauskohdan kimmo-vasaralukema)
3. Testauskohtien kimmovasaralukemia vastaavat lujuusarvot, lujuusarvojen keskiarvo ja keskihajonta
4. Arvosteluerän puristuslujuuden vertailulujuus
5. Testausajankohta
6. Testauksen suorittaja

Dokumentointi voidaan tehdä esimerkiksi seuraavalla sivulla esitetyn taulukon mukaisesti. Lisäksi tehdään kaaviokuva testauskohtien sijainnista rakenteessa.

Testauskohta nro		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Testauskohdan pinta hiottu (X)										
Testaussuunta										
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat									
	Keskiarvo									
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]										
Testauskohdan lujuusarvojen keskiarvo f_{cm}										
Testauskohdan lujuusarvojen keskihajonta s										
Testauskohtien lukumäärä n										
Testauskohtien lukumäärästä n riippuva kerroin f_k										
Testauskohtien pienin lujuustulos f_{cmin}										
Vertailulujuus K_k [Joko $MIN[f_{cm}-1,48s; f_{cmin}+4]$ tai $MIN[f_{cm}-f_k; f_{cmin}+4]$										
Kommentit:										

VERSIOT

2001	VTT-TEST R004-01, 1. versio
5.12.2013	VTT-TEST R004-01-2013, 2. versio
17.5.2016	VTT-TEST R004-01-2016, 3. versio

VTT-TEST R005-01-2016

Kimmo­vasaran kalibrointiohje P-lukubetonille

TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT



KIMMOVASARAN KALIBROINTIOHJE P-LUKUBETONILLE

1 TARKOITUS JA KÄYTTÖALUE

Tämän kalibrointiohjeen tarkoituksena on varmistaa, että kimmovasara on yhteismitallinen Liikenneviraston julkaisussa ”Kimmovasaran käyttäjän ohje, Liikennevirasto Taitorakenneyksikkö, Liikenneviraston ohjeita 2/2014 esitetyn puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välisen riippuvuuden kanssa. Kalibrointi koskee Schmidt'in kimmovasaraa, tyyppi N, NR tai ND (Digi Schmidt).

2 KALIBROINTIVÄLINEET

Kalibroinnissa tarvitaan seuraavat välineet:

- Sveitsiläisen Proceq'in kimmovasaran kalibrointialasin, punainen, paino 16 kg, jolla valmistaja esittää sallittavaksi kimmovasaralukeman vaihteluväliksi 79 ± 2 .
- Viisi millimetriä paksu neopreenikumi, joka asetetaan testausalasimen alle.
- Noin 300 millimetrin mittainen alumiiniliuska poikkileikkausmitoiltaan 23–24 millimetriä ja 3 millimetriä, kovuus noin 69 HB.

3 KIMMOVASARAN KALIBROINTI

Kalibroitavalla kimmovasaralla ammutaan aluksi kalibrointialasimeen pystysuoraan ylhäältä alaspäin yhdeksän kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan. Tämän jälkeen kimmovasara avataan, puhdistetaan ja öljytään aseöljyllä.

Kokoamisen jälkeen kimmovasaralla ammutaan pystysuoraan ylhäältä alaspäin kalibrointialasimeen kaksitoista kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan.

Tämän jälkeen kalibrointialasimen ohjurista poistetaan yksi ruuvi. Kahta muuta ruuvia ruuvataan auki sen verran, että alumiiniliuska mahtuu ruuvien välistä ohjurin alle, jonka jälkeen kimmovasaralla ammutaan pystysuoraan alaspäin alumiiniliuskaan kaksitoista kertaa, joista kuusi viimeistä kirjataan.

Yksittäiset iskut ammutaan alumiiniliuskaan noin 20 millimetrin välein ja korkeintaan 25 millimetrin etäisyydelle liuskan päästä.

Kimmovasaralukemat luetaan 0,5 yksikön tarkkuudella.

4 KALIBROINTIKÄYRIEN LAATIMINEN

VTT-TEST R004-01-2013:ssa esitetty kuva 1 (testauskohdan puristuslujuuden ja kimmovasaralukeman välinen riippuvuus) on voimassa sellaisenaan, jos kimmovasaran öljyämisen jälkeen ammuttaessa alumiiniliuskaan ja kalibrointialasimeen kuuden viimeisen kimmo-

vasaralukeman keskiarvot N1 ja N2 ovat $37 \pm 0,5$ ja 79 ± 1 . Jos näin ei ole, menetellään seuraavasti:

- Jatketaan kuvan 1 vasemmanpuoleista suoraa (laukaisusuunta ylhäältä alaspäin) kimmovasaralukemaan 79 saakka, koordinaatti (79,0, 115,5). Kimmovasaralukeman 37 kohdalla koordinaatti on vastaavasti (37,0, 50,4).
- Koordinaatti (79,0, 115,5) korvataan koordinaatilla (N2, 115,5).
- Koordinaatti (37,0, 50,4) korvataan koordinaatilla (N1, 50,4). Tämän jälkeen piirretään suora näiden koordinaattien kautta (laukaisusuunta ylhäältä alaspäin) lujuustasolta 25 lujuustasolle 45 MPa.
- VTT-TEST R004-01-2013:ssa esitetyn kuvan 1 kaksi muuta suoraa (laukaisusuunta vaakasuuntaan ja laukaisusuunta alhaalta ylöspäin) siirretään niin, että kaikkien kolmen suoran keskinäiset etäisyydet pysyvät samoina kuvan 1 mukaisesti.

5 KALIBROINNIN TULOSTEN ILMOITTAMINEN

Kalibroinnista laadittavassa tutkimusselostuksessa ilmoitetaan:

- Tilaaaja, tilaus ja vasaran numero.
- Kimmovasaralukema kalibrointialasimeen ennen ja jälkeen öljyämisen.
- Kimmovasaralukema alumiiniliuskaan öljyämisen jälkeen.
- Puristuslujuuden ja kimmovasaran välinen riippuvuus.
- Kalibrointipäivämäärä.

6 KALIBROINTIVÄLI

6.1 Käyttäjällä ei ole kalibrointialasinta

Kalibrointi tehdään tämän ohjeen kohtien 1–5 mukaisesti testauslaitoksessa 1000–2000 iskun jälkeen, kuitenkin vähintään puolen vuoden välein.

6.2 Käyttäjällä on kalibrointialasin

Käyttäjä voi tehdä itse välikalibroinnin 1000–2000 iskun jälkeen, kuitenkin viimeistään puolen vuoden kuluttua, kalibrointialasimella kimmovasaran valmistajan kalibrointiohjeen mukaisesti ilman alumiiniliuskoja. Tällöin kimmovasaralukemien tulee olla keskimäärin 79 ± 2 . Jos ehto täyttyy, tämän ohjeen mukainen tarkempi kalibrointi (kohdat 1–5) tehdään kerran vuodessa testauslaitoksessa. Jos kimmovasaralukemat ovat käyttäjän itse tekemässä kalibroinnissa alle 77, kimmovasara tulee puhdistaa ja öljytä. Jos kimmovasaralukemat ovat edelleen alle 77, tehdään kalibrointi tämän ohjeen kohtien 1–5 mukaisesti testauslaitoksessa.

Jos käyttäjällä on voimassa oleva tämän ohjeen mukainen kalibrointiselostus (kalibrointi kohtien 1–5 mukaisesti), käyttäjän itse suorittamassa kalibroinnissa kalibrointialasimeen kimmovasaralukemien tulee olla $N2 \pm 2$ (N2 VTT:n kalibrointiselostuksesta). Jos näin ei ole, tulee kalibrointi tehdä testauslaitoksessa tämän testimenetelmän kohtien 1–5 mukaisesti.

VERSIOT

2001	VTT-TEST R005-01, 1. versio
5.12.2013	VTT-TEST R005-01-2013, 2. versio
17.5.2016	VTT-TEST R005-01-2016, 3. versio

Esimerkkejä vertailulujuuden laskemisesta

Esimerkki 1

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointi-arvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin lujuusluokka oli C25/30 ja toteutusluokka 2. Arvosteluerän koko oli 600 m³. Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 4 kohtaa vaakasuoraan ja 3 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)			X	X											
Testaussuunta	V	V	V	V	Y	Y	Y								
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat														
Keskiarvo	29,5	32,4	29,5	29,9	30,5	29,8	35,0								
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]	33,5	38,0	33,5	34,0	27,5	26,1	35,5								

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA

Testauskohtien määrä n	7	Koska testauskohtien lukumäärä on	7
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	32,6	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista	
Koetulosten keskihajonta s	4,3	- $K_k = f_{cm} - f_k =$	26,6 MPa
		- $K_k = f_{cmin} + 4 =$	30,1 MPa
Pienin lujuustulos f_{cmin}	26,1		
f_k	6	Arvosteluerän vertailulujuus $K_k =$	26,6 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS

Toteutusluokassa 2 arvosteluerä on hyväksyttävä, jos
 vertailulujuus K_k on vähintään **85** % nimellisujuudesta **30** MPa
 Koska vertailulujuus K_k on **88,7** % nimellisujuudesta **arvosteluerä**
voidaan hyväksyä.

Myös muiden InfraRYL:n kohdassa 42020.1.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

Esimerkki 2

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointi-arvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin lujuusluokka oli C30/37 ja toteutusluokka 3. Arvosteluerän koko oli 1020 m³. Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 6 kohtaa vaakasuoraan ja 5 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)															
Testaussuunta	V	V	V	V	V	V	Y	Y	Y	Y	Y				
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	26	31	26	32	25	26	27	31	26	25	31			
		28	33	30	34	28	28	29	32	28	27	32			
		28	34	28	35	28	28	29	33	28	27	34			
		30	32	26	33	32	30	31	34	30	29	33			
		32	32	28	33	32	32	33	33	32	31	32			
		28	33	28	34	33	28	29	37	28	27	29			
		30	34	30	35	34	30	31	33	30	31	33			
		24	33	32	34	33	24	25	36	24	32	34			
		36	36	28	37	36	36	37	28	36	34	36			
		28	28	30	29	28	28	29	36	28	33	35			
		34	34	24	35	34	25	26	37	25	32	34			
			36	36	37	36	28	29	33	28	27	29			
			30	28	31	30		29	32	28					
			34	25		34		31	35	30					
			26	28		26		31	34	30					
Keskiarvo		29,5	32,4	28,5	33,8	31,3	28,6	29,7	33,6	28,7	29,6	32,7			
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]		33,5	38,0	31,5	40,0	36,0	32,0	26,0	33,0	24,1	25,5	31,0			

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA

Testauskohtien määrä n	11	Koska testauskohtien lukumäärä on	11
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	31,9	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista	
Koetulosten keskihajonta s	5,1	- $K_k = f_{cm} - f_k =$	26,9 MPa
		- $K_k = f_{cmin} + 4 =$	28,1 MPa
Pienin lujuustulos f_{cmin}	24,1		
f_k	5	Arvosteluerän vertailulujuus $K_k =$	26,9 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS

Toteutusluokassa 3 arvosteluerä on hyväksyttävä, jos			
vertailulujuus K_k on vähintään	85,0 %	nimellislujuudesta	37 MPa
Koska vertailulujuus K_k on	72,7 %	nimellislujuudesta	arvosteluerää
ei voida hyväksyä.			

Myös muiden InfraRYL:n kohdassa 42020.1.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

Esimerkki 3

Testauksessa käytettiin kimmovasaraa, jonka kalibrointiarvot on esitetty liitteen 1 kuvassa 1.

Betonin lujuusluokka oli C25/30 ja toteutusluokka 3. Arvosteluerän koko oli 1400 m³. Arvosteluerää varten testattiin 28 vuorokauden iässä 6 kohtaa vaakasuoraan ja 9 kohtaa ylöspäin ja saatiin alla olevan mukaiset kimmovasaralukemat ja niistä muunnetut betonin puristuslujuustulokset.

Testauskohta nro		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pinta hiottu (X)						X	X									
Testaussuunta		V	V	V	V	V	V	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	26	32	26	31	25	26	27	31	26	25	31	31	32	28	32
		30	34	28	33	28	28	29	32	28	27	32	32	32	32	30
		28	35	28	34	28	28	29	33	28	27	34	34	38	29	30
		26	33	30	32	32	30	31	34	30	29	33	33	34	34	31
		28	33	32	32	32	32	33	33	32	31	32	32	32	33	32
		28	34	28	33	33	28	29	37	31	27	29	37	37	31	34
		30	35	30	34	34	30	31	33	32	31	33	33	38	32	32
		32	34	24	33	33	24	25	36	34	32	34	36	36	36	36
		28	37	36	36	36	36	37	28	33	34	36	35	37	35	35
		30	29	28	28	28	28	29	36	32	33	35	32	36	33	32
		24	35	34	34	34	25	26	37	37	32	34	38	36	37	33
		36	37		36	36	28	29	33	33	27	29	33	33	33	33
		28	31		30	30		29	32	36			34	34	34	34
		25			34	34		31	35	35			35	35	30	35
	28			26	26		31	34	32			33	34	29	33	
Keskiarvo	28,5	33,8	29,5	32,4	31,3	28,6	29,7	33,6	31,9	29,6	32,7	33,9	34,9	32,4	32,8	
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]		31,5	40,0	33,5	38,0	36,0	32,0	26,2	33,0	30,0	25,5	31,0	33,5	35,0	30,5	31,5

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA

Testauskohtien määrä n	15	Koska testauskohtien lukumäärä on	15
Lujuustulosten keskiarvo f_{cm}	32,5	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista	
Koetulosten keskihajonta s	3,9	- $K_k = f_{cm} - 1.48 \cdot s$	= 26,7 MPa
		- $K_k = f_{cmin} + 4$	= 30,2 MPa
Pienin lujuustulos f_{cmin}	26,2		
f_k	-	Arvosteluerän vertailulujuus K_k =	26,7 MPa

ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS

Toteutusluokassa 3 arvosteluerä on hyväksyttävä, jos
vertailulujuus K_k on vähintään **85,0** % nimellislujuudesta **30** MPa
Koska vertailulujuus K_k on **89,0** % nimellislujuudesta **arvosteluerä**
voidaan hyväksyä.

Myös muiden InfraRYL:n kohdassa 42020.1.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyttävä.

ISSN-L 1798-663X
ISSN 1798-6648
ISBN 978-952-317-280-7
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto

Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus